

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **05-133769**

(43)Date of publication of application : **28.05.1993**

(51)Int.Cl.

G01D 5/26
G01B 11/00

(21)Application number : **04-122280**

(71)Applicant : **DR JOHANNES HEIDENHAIN
GMBH**

(22)Date of filing : **14.05.1992**

(72)Inventor : **HOLZAPFEL WOLFGANG**

(30)Priority

Priority number : **91 91108119** Priority date : **18.05.1991** Priority country : **EP**

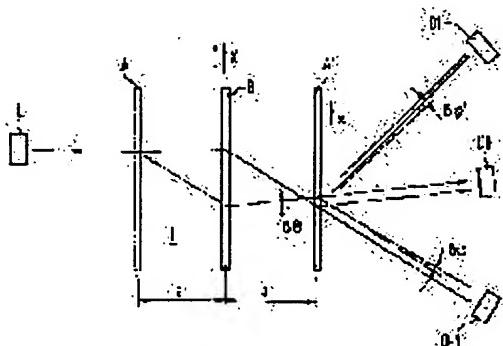
(54) INTERFERENCE POSITION MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a device which does not depend on light intensity and an interval between a grating and scale by changing a parameter of a diffraction structure pattern of three diffraction members depending on a position.

CONSTITUTION: Three diffraction gratings A, B and A' are continuous variable gratings and have the same scale. A collimated non-coherent light flux is divided with the grating A, and superimposed/interfered with the gratings B and A'. Detectors D-1, D0 and D1 detect beam flux of synthesis diffraction order of -1, 0 and 1.

When the grating B which moves in scale direction is at moving amount X=0, and the gratings A, B and A' face each other, beam inclinations $\delta\Phi$, $\delta\Phi$ and $\delta\Phi'$, acting as deviation of phase among divided beam fluxes, are caused while affected by a grating constant depending on a position. Since signal waveforms $S_n(X)$, $n=-1, 0, 1$, from the detectors D-1, D0 and D1 have no relation to the intervals among the gratings A, B and A', it is necessary to keep the deviation of phase among them small. This is satisfied when change of local grating constant is small. This is realized with a long grating scale corresponding to it.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.03.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2501714

[Date of registration] 13.03.1996

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-133769

(43)公開日 平成5年(1993)5月28日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 D 5/26
G 0 1 B 11/00

識別記号 庁内整理番号
F 7269-2F
G 7625-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数20(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-122280

(22)出願日 平成4年(1992)5月14日

(31)優先権主張番号 91108119 8

(32)優先日 1991年5月18日

(33)優先権主張国 ドイツ (DE)

(71)出願人 390014281

ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイイン・ゲ
ゼルシャフト・ミット・ベシユレンクテ
ル・ハフツング

DR. JOHANNES HEIDEN
HAIN GESELLSCHAFT M
IT BESCHRANKTER HAF
TUNG

ドイツ連邦共和国、トラウンロイト、ドク
トル・ヨハネス・ハイデンハイインーストラ
ーゼ、5

(74)代理人 弁理士 江崎 光史 (外3名)

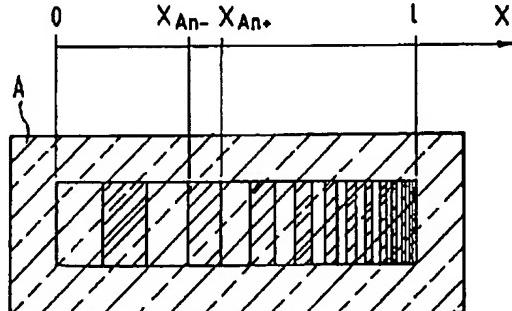
最終頁に続く

(54)【発明の名称】干渉位置測定装置

(57)【要約】

【目的】非常に狭い幅の信号を出し、広い限界内で照明強度や走査格子と目盛ホルダーの間の間隔に無関係であって、光源と、少なくとも二つの回折部材と、互いに干渉する分割ビームを検出する検出器とを用いて信号を発生させる干渉で動作する装置を提供する。

【構成】回折部材A, B, A'の回折構造パターンのパラメータが位置に依存して変化し、この変化が絶えず行われる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一つの光源と、回折構造パターンが同じであるか、あるいは僅かに異なっている少なくとも二つの回折部材と、回折して相互に干渉する分割ビーム束を検出する複数の検出器とを用いて、信号を発生するため干渉的に動作する装置において、回折部材A, B, A'の回折構造パターンのパラメータが位置に依存して変わり、この変化が絶えず行われることを特徴とする装置。

【請求項2】 回折部材は回折格子A, B, A'として構成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】 回折格子A, B, A'の格子定数は異なっていて、位置に絶えず依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項4】 回折格子は同心円A17として形成され、その半径の間隔は異なっていて、絶えず変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項5】 回折格子A, B, A'のウェブの高さは位置に依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項6】 回折格子A, B, A'のウェブの幅は位置に依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項7】 回折格子A, B, A'のウェブの長さは位置に依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項8】 回折格子A, B, A'の透過度は位置に依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項9】 回折格子A, B, A'の吸収度は位置に依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項10】 回折格子A, B, A'のウェブの形状は位置に依存して変わることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項11】 回折格子A, B, A'は連続可変格子として構成されていることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項12】 周期的な付加格子目盛4, 7によって増分式の測長あるいは測角装置1が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項13】 干渉的に動作する装置は零センサとして構成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項14】 光源1は非干渉性であることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項15】 光源1は発光ダイオード(LED)であることを特徴とする請求項14に記載の装置。

【請求項16】 回折構造パターンA18は連続個別回折部材に合成されていて、円板状に構成されていること

30 2 を特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項17】 回折部材は超格子構造パターンを有する回折格子A19として形成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項18】 超格子構造パターンは1局部格子定数当たり1個以上の格子ウェブによって形成されていることを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項19】 回折構造パターンは半径方向の目盛A16として形成されていることを特徴とする請求項1または12に記載の装置。

【請求項20】 回折部材は位相格子A, B; B11; A12, B12; A13; A14, B14; A15; A19として、あるいは振幅格子A11; B13; D15として形成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、一つの光源と、回折構造パターンが同じであるか、あるいは僅かに異なっている少なくとも二つの回折部材と、回折して相互に干渉する分割ビーム束を検出する複数の検出器とを用いて、信号を発生するため干渉的に動作する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 基準マークは、光電増分測長装置あるいは測角装置の場合、一定の原点を確認し、再現するできるために知られている。

【0003】 米国特許第4,677,293号明細書には、基準パルスを発生するための基準マークの構成が開示されている。この場合、光源のビームを回折させて、検出器に偏向させる目盛分割マークとしての位相格子が使用されている。逆相、あるいは準逆相信号の評価部が、照明強度（および或る限界内で間隔の変化）に相対的に無関係な基準パルスを供給する。この基準パルスのパルス幅は、大体、目盛ホルダー上の分割目盛マークの幅と、走査板の分割幅によって決まる。明暗の投影に基づくこの装置を用いると、回折効果のため、高分解能の増分測定系で要求されているような、非常に狭いパルス幅の基準パルスを発生させることができない。その外、走査板と目盛ホルダーを狭い間隔に保持する必要がある。

【0004】 米国特許第4,778,273号明細書によれば、上に説明した難点を保有していない基準パルス発生器は公知である。この基準パルス発生器は、異なった格子間隔の周期目盛を有する多数の格子で構成されている。これ等の格子から、3格子発生器原理によって（J. Willhelmの学位論文、「3段格子発生器-位置変化を測定する光電検出器」（"Dreigitterschrittsgeber-photoelektrische Aufnehmer zur Messung von Lageänderungen", TU Hannover））異なった周期の信号を導いている。 Fourier級数によってこれ等の信号を合成している。従つて、非常に幅の狭い基準パルスを発生させることができ

る。これ等の基準パルスは走査板と目盛ホルダーの間の間隔に殆ど依存していない。もっとも、この装置はただ個別基準パルスだけでなく、周期的な列のパルスも出力する。それ故、付加的な手段によってこれ等のパルスを区別する必要がある。パルス幅を勝手に大きくすることができないので、一つのパルスを選び出すには、相当な経費が必要になる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】それ故、この発明の課題は、非常に幅の狭い信号を出力し、広い限界内で照明強度や、走査格子と目盛ホルダーの間の間隔に依存しない、冒頭に述べた種類の装置を提供することにある。更に、種々異なって構成されている基準マークによって基準マークの区別が可能である必要がある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の課題は、この発明により、ことによって解決されている。この発明による他の有利な構成は、特許請求の範囲の従属請求項に記載されている。

【0007】

【実施例】この発明による方法を、以下に実施例の模式的な図面に基づき説明する。図1には、入射光法で働く測定装置1が模式的に示してある。三つの回折格子A、B、A'は周期的な目盛りを保有していない。むしろ、この格子定数は目盛方向xに沿って、 $d = d(x)$ のように変わる。文献では、このような格子を連続可変格子と称している。ここでは、先ず連続可変格子が同じ目盛を有すると仮定する。図1には、簡単のため、ただ僅かな回折ビームしか記入していない。コリメートされた非干渉性の光源L(LED)の光束は、格子Aで分割ビーム束に分割される。これ等のビーム束は格子Bで偏倚し、次いで格子A'で重畳して干渉する。検出器D-1、D0、D1は、-1、0、および+1の合成回折次数のビーム束を検出する。

【0008】目盛の方向に沿って移動する格子Bが位置 $X=0$ にあり、この位置で格子線に応じて、格子A、A'およびBが対向しているなら、位置に依存する格子定数の影響によって、分割ビーム束の間の位相のずれと成るビームの傾き $\delta\Theta$ 、 $\delta\phi$ 、 $\delta\phi'$ が生じる。これ等の位相のずれは格子定数 a に依存する。これ等の位相のずれを小さく維持する必要がある。何故なら、検出器D-1、D0、D1によって得られた信号波形 $S_a(x)$ 、 $n = -1, 0, 1$ が格子A、B、A'の間隔 a に無関係であるからである。この場合、指標「n」はn次の合成次数である。この条件は、局部的な格子定数 $d(x)$ の変化、 $\delta d(x)/\delta x$ の変動が小さい値に制限されている時に満たされる。このことは、実際に、必ずそれに相当する長い格子目盛によって達成できる。

【0009】この発明の思想は、格子定数の半分に等しい一周期の周期信号を出力する通常の3格子発生器から

派出している。連続可変格子を使用する場合、この格子は基本的にそれぞれ一定であるが異なった格子定数の多くの小さな部分格子に分解される。各部分格子は、格子Bが僅かに移動Xすると、異なった周波数の周期信号を出力する。全ての信号周波数を重ね合わせることによって、非周期的な信号波形 $S_a(x)$ 、つまりフーリエ積分で連続周波数スペクトルの重ね合わせに似ている波形が生じる。

【0010】目盛方向xの局部目盛周期 $d(x)$ の種々の関数依存性は異なった信号波形 $S_a(x)$ を与える。格子の刻線部分に相当するウェブの高さ、ウェブの幅、ウェブの長さ、透過度、吸収度、ウェブの形状のような他の格子パラメータの場所に依存する変化によっても、連続可変格子を使用する場合、信号波形 $S_a(x)$ に影響を与える。

【0011】信号波形 $S_a(x)$ は、その外、個別部分格子に寄与する個々の周波数成分の位相によっても決定される。回折格子Bの部分格子中の個々の格子の刻線部分であるウェブを回折格子AとA'の対応するものに対して移動させることによって、これ等の位相を可変できる。つまり、信号波形 $S_a(x)$ を広い限界の内で可変できる。

【0012】図2には、入射光原理によるこの発明の装置の一例が示してある。光源L(LED)のビームは、集光レンズ2によって平行ビームにされ、位相格子AとBで回折して反射される。集光レンズ2の焦点面には、光源Lの0次および高次の回折像が生じる。これ等の回折像は受光素子D-1、D0とD1によって検出される。受光素子D-1とD1は、合成された-1あるいは+1次の連続可変格子の異なった回折角度を捕捉できるのに充分な長さを持っている。

【0013】図3には、図2のウェブIII/IIIから見た測定装置の平面図が示してある。光源Lは光軸からずらして配設されている。従って、0次の回折像は光源に戻ってこなくて、それに応じて配設されている受光検出器D0に直接受け入射する。しかし、これ等の光源は、0次より高次のものを評価する場合には、光軸上にある。

【0014】欧州特許第0163362B1号明細書により、格子パラメータによって合成回折次数間の位相のずれを調節できることは公知である。上記の位相のずれは、この発明によれば、各周波数成分に対して独立に調節でき、局部的な格子パラメータをそれに応じて選択している。

【0015】図4と図5には、連続可変格子AとBが、図2のIV/IVおよびV/V方向から見た矢視図に相当するようにして、模式的に示してある。ここでは、格子Aのn次の格子ウェブの縁 X_{n-} と X_{n+} が格子Bのn次のウェブの縁 X_{n-} と X_{n+} に比べて移動していく、信号の1位相のずれに成っている。

【0016】図6には、図2のVI/VIから見た矢視図に相当する受光検出器D-1, D0, D1と光源しの配置が示してある。図7には、走査板Aと、基準パルスを使う増分測長系の目盛ホルダーBとの上にある格子の可能性のある一つの配置が示してある。走査板Aの周期的な目盛視野4は、測長検出器の増分信号を発生させる目盛ホルダーBの周期的な目盛板目盛7と一緒に使用される。この目盛トラック6は連続可変格子を有する領域Rと、それに続く、周期的に目盛ってある領域Sに分割されている。基準パルスが発生する目盛ホルダーBの原点位置X=0では、走査板Aの目盛視野3が目盛トラック6の領域Rの上にある。連続可変格子は、合成0次の回折次数で正相信号が、また±1の回折次数で逆相信号が発生するように設計されている。目盛ホルダーBを零位置からずらすと、周期的な格子が目盛トラック6の領域Sで、逆相の受光素子に光が入射しなく、正相の受光素子に入射することを保証する。周知のように、正相信号と逆相信号が差を持って切り換わり、しきい値レベルのとき、零レベルの近くで基準パルスを作動させる。こうして、基準パルスが広い範囲で照明強度に無関係になっている。プリズム5は、最終的に基準パルスの回折ビームと増分測長検出器の回折ビームを分離するために使用される。

【0017】図8には、基準パルスを用いる増分式測長検出器の他の実施例が示してある。走査板Aには、増分式測長検出器の目盛視野4の傍に、連続可変格子を有する二つの分離した目盛視野8aと8b、および目盛のない窓8cがある。プリズム10は視野8aの0次の合成回折次数の光を正相信号用の受光素子に偏向させる。視野8bと8cの0次の回折次数の光はプリズム11によって一緒に逆相信号用の受光素子に導入される。±1の合成回折次数の光は、基準パルス発生器のこの配置では評価されない。

【0018】基準パルスを出力する目盛ホルダーBの零点X=0では、連続可変目盛視野8aが目盛ホルダーBのトラック12aの領域Tの上に、また視野8bが領域GTの上にある。連続可変格子は、零点位置X=0で最大の正相信号と最小の逆相信号が発生するように設計されている(図9を参照)。

【0019】零点位置X=0での最小の逆相信号は、この場合、トラック12aの上の領域GTの付属格子ウェブに対して目盛窓8bの格子ウェブを約局部格子定数の4分の1ほど移動させると生じる。更に、注意すべきことは、正相と逆相の連続可変格子が逆向きになっているため、最小の局部格子定数が内側にあることである。例えば、正相に付属する目盛窓8aがトラック12aの領域GTにわたって移動すると、他の信号パルスが発生しない。

【0020】走査板の上の窓8cと、目盛ホルダーBの上の補助トラック12bによって、零点位置X±0の外

では、逆相信号が正相信号に比べてずれているので、乱れに対する安全性が向上する。

【0021】このトラック12bは、更に位相格子13を担持している。この格子の0次の回折次数の光は格子のパラメータを選択して抑制され、それには反射領域が接続している。位置X=0でのみ、格子13は窓8cを経由してビームが逆相の受光素子に入射することを防止する。

【0022】窓8cを経由してビームが逆相の受光素子に入射するのを防止するため、一つの格子の代わりに、例えばトラック12bの上に光吸収領域を設けてもよい。3格子原理を回転検出器、つまりロータリエンコーダに応用することもできることが知られている。それ故、図16に示すように、連続可変ラジアル目盛を使用するか、連続可変目盛を円筒面上に付けて、この発明による回転検出器も構成することも、この発明の枠内にある。

【0023】ここに説明する装置によって、連続可変格子の構成に応じて、移動量Xに依存して非常に異なった信号波形を形成できる。その場合、上記の装置の応用は基準パルスの発生に限定されるものではない。つまり、異なる零センサに適する信号波形も発生させることができる。

【0024】図10に位置測定装置の構成をもう一度示す。殊に回折格子A, BとA'の特別な構造を示す。図11には、3格子発生器としての他の測定装置が模式的に示してある。この装置の機能は、図2に示した装置に似ているが、相違点は走査目盛として連続可変振幅格子A11を使用して、この3格子発生器111の異なった合成回折次数の光が同じ位相の信号を出力し、そのため最早受光素子D11に分離して偏向させる必要がない。従って、ここでは焦点距離の短いレンズ211を実現させることもできる。

【0025】図12では、連続可変目盛板目盛12がここでどの位置でも連続可変走査目盛A12の対応する位置に一致する局部目盛の半分の周期(格子定数)を有する。光源L12のコリメートされた光束は、連続可変目盛A12(主として位相格子)を通過して+1次と-1次の回折次数の光に分割される。目盛板の目盛B12(同様に主に位相格子)がこの回折次数の光をそれぞれ再び反対方向に戻す、その結果、前記回折次数の光は目盛A12を経由して0次の合成回折次数の光と干渉し、受光素子D12によって検出される。

【0026】周期的な目盛を適当な連続可変目盛に置き換えれば、説明した3格子発生器の走査方法とは異なった方法も想定される。目盛板の走査がその間隔に対して(大幅に)無関係に許される方法は特に有利である。と言るのは、連続可変目盛を使用する場合、局部的な目盛周期の各々が目盛板の間隔が一定に成っていると振動する適当な信号成分を出力するからである。間隔に依存し

ない走査方法では、好ましくは目盛板の対称回折次数（大抵、±1次）の光が干渉する。このことは、このことは、目盛周期の数分の1に等しい上記方法にとって典型的な信号周期となる。以下では連続可変格子によって参照パルスを発生させる適当な他の方法の幾つかを枚挙する。

【0027】図13と図14では、2格子発生器が示してある。

図13： 目盛A13（好ましくは位相格子）の二つの第一回折次数の光は目盛113の位置に干渉縞を形成する。この干渉縞は、目盛A13の対応する位置に比べて半分の局部目盛周期を有する振幅格子B13によって走査され、検出器D13によって検出される。振幅格子B13は検出器13に直接装着することもできる。従って、言わばこの回折部材がパターン化された検出器によって形成される。

【0028】図14： 光源L14のコリメートされた光束は、連続可変目盛A14（好ましくは位相格子）を通過して+1次と-1次の回折次数の光に分割され、連続可変目盛B14（同様に好ましくは位相格子）を通過して、再び合成0次回折次数の光の方向に反射する。受光素子D14はこの合成0次回折次数の光を検出する。

【0029】図15には、完全のため、もう一つの入口格子発生器115が示してある。光源L15（好ましくは半導体レーザー光源）の光がレンズ215によってコリメートされ、連続可変目盛A15の方に偏向される。この反射された光束は、この場合、+1次と-1次の回折次数の光に分割される。結像光学系（ここでは、同じレンズ215）は連続可変目盛A15を検出器Dの上に結像し、両方の回折次数の光を重畠させる。変化する縞の間隔を有するこの発生した干渉縞は、連続可変格子に合わせてパターン化されている受光素子D15によって検出される。受光素子D15の局部的なパターン周期は、この場合、もっぱら結像光学系215の結像目盛板に依存する。

【0030】回折部材としては、必ずしも回折格子を使用する必要はない。回折構造パターン、例えば格子のストライプの代わりに、図18から判るように、点（円板）が位置に依存して、しかも急激に変化する場合、他の回折部材も使用できる。

【0031】更に、連続可変格子を所蔵超格子として構成することもできる。周期的に分割された超格子には、各目盛周期ないに一つ以上の格子ウェブがある。超格子構造によって、種々の回折次数の光の回折効果を高めたり低めることができる。3格子発生器に走査目盛や目盛板目盛として周期的な超格子を使用すれば、高調波成分が超格子構造に依存する走査信号が得られる。超格子構造を適当に選ぶと、二重周波数（半分の信号周期、2次の高調波）を有する信号成分や、基本波の振幅値に対するもっと高次の高調波が増幅される。

【0032】連続可変超格子も、同様に各局部目盛周期内に一つ以上の格子ウェブを有する。これは、図19に目盛板A19として示してある。超格子構造を適当に選べば、格子の零点X=0の近くの格子配置の各箇所が、局部目盛周期の半分（基本波）に等しい周期の信号成分だけでなく、局部目盛周期の4分の1に等しい周期の信号成分（2次の高調波）あるいは、もっと高次の高調波も供給する。連続可変格子の局部的な目盛周期が、例えばd₀から2d₀まで変わると、零点X=0の近くで得られる信号は、信号周期d₀/2...d₀（基本波）およびd₀/4...d₀/2（2次の高調波）あるいはd₀/2n...d₀/n（n次の高調波）の成分を有する。つまり、局部的な目盛周期を僅かに変えるだけで、広い周波数スペクトルの信号が得られる。しかし、局部目盛周期（既に述べた連続可変パラメータδd(x)/δxによって規定される）が僅かに変化すると、格子の間隔変化や、連続可変格子の長さの短縮に関する特に大きな許容誤差が許される。

【0033】

【発明の効果】以上、説明したように、この発明による装置の利点は、基準マークの幅が非常に狭くても、基準マークの走査が広い走査間隔で可能であり、従って、基準マークの走査が走査間隔の変化に対して鈍感である点にある。更に、この装置では、基準マークを異なった構成にして異なる信号波形を発生させることができる。従って、例えば多数の基準マークを区別できる。つまり、信号波形が広い限界内で適当な格子パラメータによって設定できる原点センサに対する原点信号を発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】同じ方式の3つの連続可変格子を有する透過光装置の零位置（X=0）での模式断面図である。

【図2】入射光法によって動作する測定装置の断面図である。

【図3】ウェブIII/IIIから見た図2の測定装置の平面図である。

【図4】図2のウェブIV/IVから見た走査板の部分面である。

【図5】図2のウェブV/Vから見た反射位相格子の部分面である。

【図6】図2のウェブVI/VIから見た集光レンズの焦点面内の光源と受光素子の部分図である。

【図7】基準パルスを使用する増分式測長系の走査板Aと目盛ホルダーB上の格子の有利な配置図である。

【図8】基準パルスを使用する増分式測長系に対する格子の配置の他の実施例を示す図面である。

【図9】図8による走査板と目盛ホルダーで発生する基準パルスの典型的な信号波形である。

【図10】図1で強く模式化した位置測定装置の構造を明確にする模式図である。

9

【図11】異なる走査原理による測定装置の断面図である。

【図12】異なる走査原理による測定装置の断面図である。

【図13】異なる走査原理による測定装置の断面図である。

【図14】異なる走査原理による測定装置の断面図である。

【図15】異なる走査原理による測定装置の断面図である。

【図16】連続可変ラジアル格子の平面図である。

【図17】同心円の回折格子の平面図である。

【図18】個別円から成る回折構造パターンの平面図である。

10

【図19】連続可変超格子の断面図である。

【符号の説明】

1 測定装置

3, 8a, 8b 連続可変格子の目盛視野

4 走査板の目盛視野

5, 10 ブリズム

6 目盛トラック

8c 窓

12a, 12b トラック

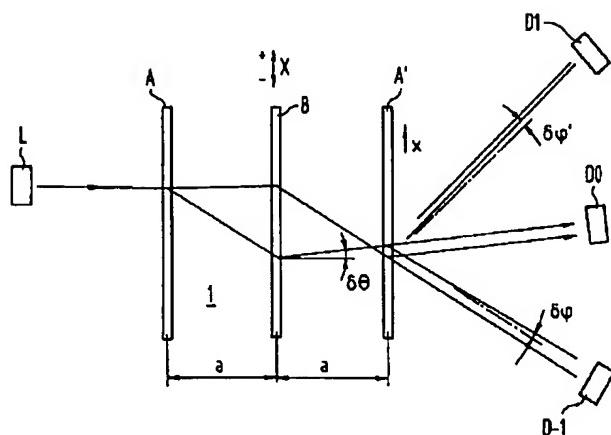
10 13 格子

A, B, A' 回折格子

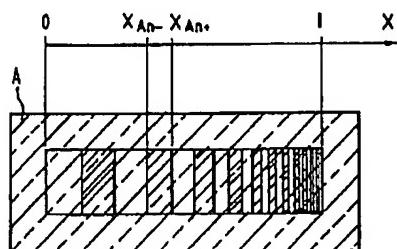
L 光源

D0, D-1, D1 受光素子

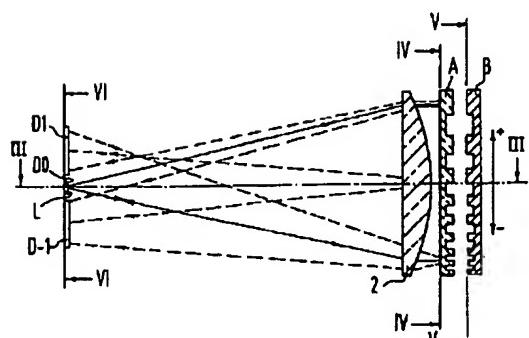
【図1】



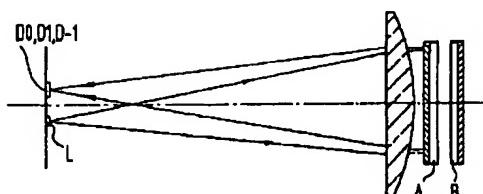
【図4】



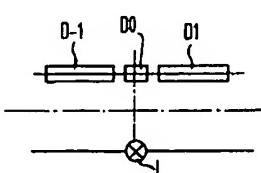
【図2】



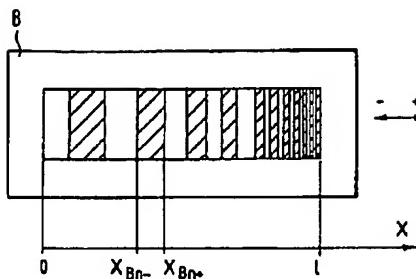
【図3】



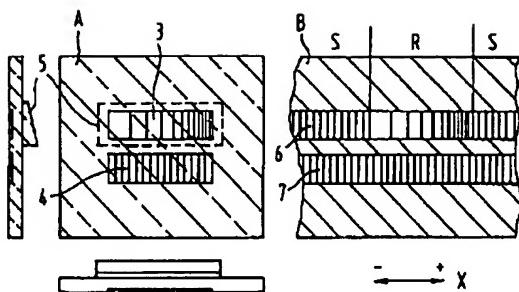
【図6】



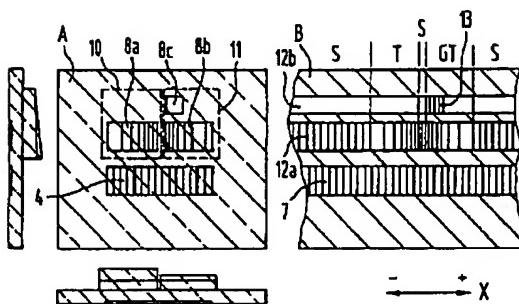
【図5】



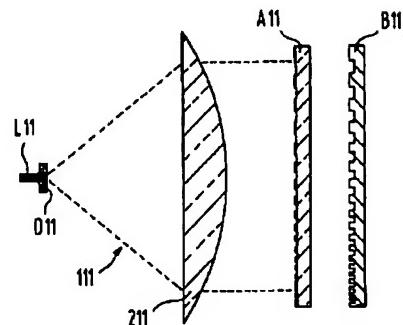
【図7】



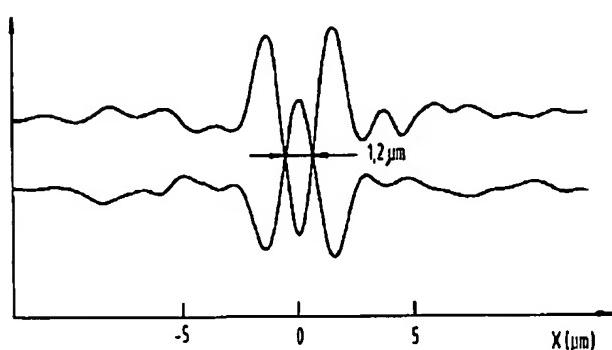
【図8】



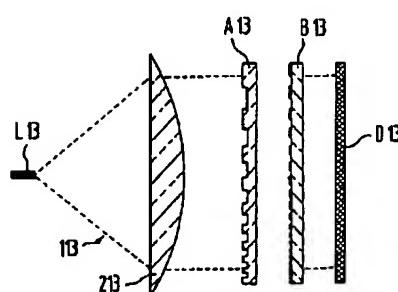
【図11】



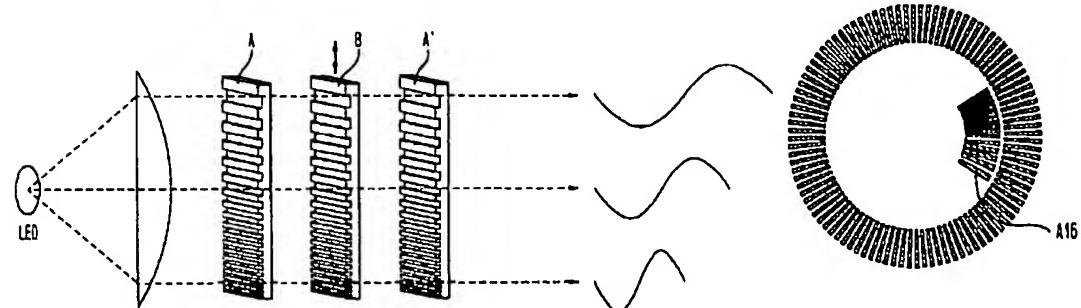
【図9】



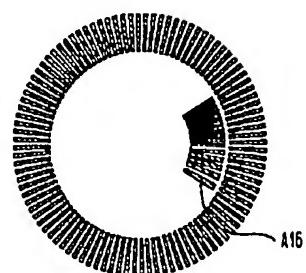
【図13】



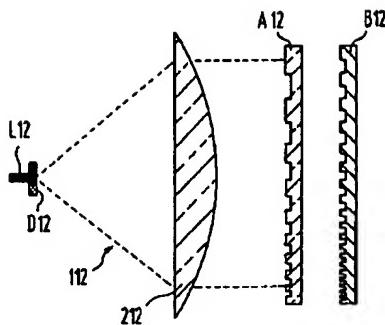
【図10】



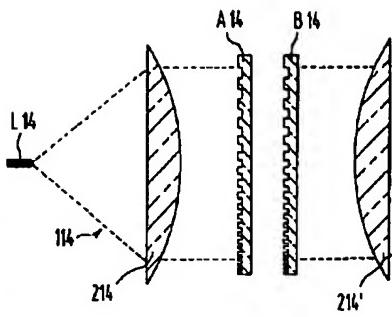
【図16】



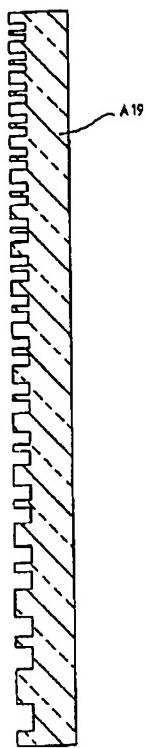
【図12】



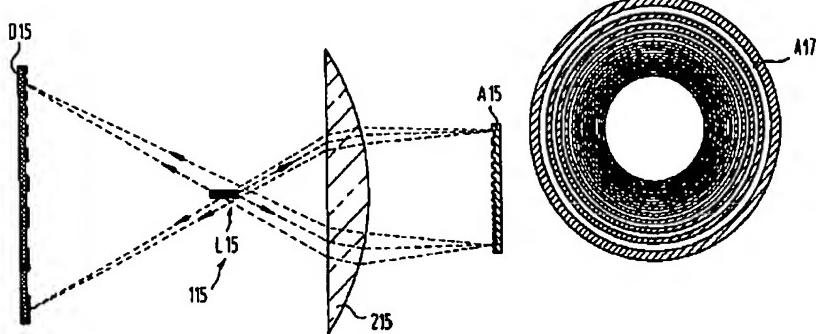
【図14】



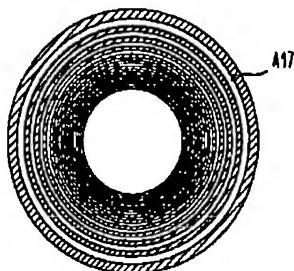
【図19】



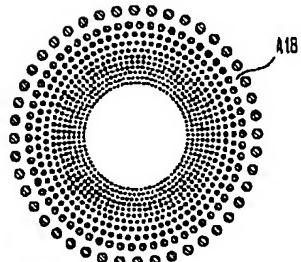
【図15】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 ウォルフガング・ホルツアーフエル
ドイツ連邦共和国、オービング、ブルメン
ストラーセ、24